

明 細 書

導波路型光デバイス

技術分野

[0001] 本発明は導波路型光デバイスに係り、特に、小型で低損失な導波路型光デバイスに関する。

背景技術

[0002] 周知のように、導波路型光デバイス的一种である光変調器において、リチウムナイオベート(LiNbO_3)のように電界を印加することにより屈折率が変化する、いわゆる電気光学効果を有する基板(以下、リチウムナイオベート基板をLN基板と略す)に光導波路と進行波電極を形成した進行波電極型リチウムナイオベート光変調器(以下、LN光変調器と略す)は、その優れたチャープピング特性から2.5Gbit/s、10Gbit/sの大容量光伝送システムに適用されている。

[0003] このようなLN光変調器は、最近ではさらに40Gbit/sの超大容量光伝送システムにも適用が検討されており、大容量光伝送システムにおけるキーデバイスとして期待されている。

[0004] 図7は、従来技術によるLN光変調器の構成を示す上面図である。

[0005] 図7中、参照符号1は平行四辺形状であるz-カットLN基板であり、参照符号1a、1bが基板1の長手方向の端である基板端面、参照符号1c、1dが基板1の短手方向の端である基板側面である。

[0006] また、図7中、参照符号2はTiを熱拡散して形成したマッハツェンダ型の光導波路であり、参照符号2aは入力光導波路、参照符号2bはY分岐型の分岐光導波路、参照符号2c-1と参照符号2c-2は機能光導波路、参照符号2dはY分岐型の合波光導波路、参照符号2eは出力光導波路である。

[0007] また、図7中、参照符号2fは入力光導波路2aの光入力用端面、参照符号2gは出力光導波路2eの光出力用端面、参照符号3は電気信号源、参照符号4は進行波電極の中心電極、参照符号5aと5bは接地電極、参照符号6はガラスキャピラリー、参照符号7は信号光用単一モード光ファイバである。

- [0008] また、図7中、参照符号11の仮想線はパッケージ筐体を示しており、参照符号11a、11bはパッケージ筐体11の上下それぞれの側の側面を示している。
- [0009] なお、図7には示していないが、実際のLN光変調器では入力光導波路2aに光を入力するために入力光導波路2a側の光入力用端面2fにもガラスキャピラリーと単一モード光ファイバが固定される。
- [0010] この従来技術によるLN光変調器では、機能光導波路2c-1、2c-2を導波する光が電気信号源3から印加した電気信号と相互作用する。
- [0011] つまり、電気信号源3から印加した電気信号が進行波電極の中心導体4と接地電極5a、5bを介して、機能光導波路2c-1、2c-2を導波する光の位相が互いに逆符号となるように位相変調される結果、機能光導波路2c-1、2c-2の部位において、光は互いに符号が逆の位相変調を受けることになる。
- [0012] 図8A、Bは、図7の信号光用単一モード光ファイバ7をガラスキャピラリー6に固定した状態を示した図であり、図8Aはその正面図、図8Bはその上面図である。
- [0013] 図9は、図7の信号光用単一モード光ファイバ7を固定したガラスキャピラリー6をz-カットLN基板1の端面1bに固定した実装状態を示している。
- [0014] ここで、図9中、参照符号8は紫外光を照射することにより硬化するUVキュア接着剤である。
- [0015] なお、このUVキュア接着剤8はz-カットLN基板1の端面1bとガラスキャピラリー6および信号光用単一モード光ファイバ7の端面にも染み込んでいる。
- [0016] 図8A、B及び図9から分かるように、z-カットLN基板1の端面1bやガラスキャピラリー6や信号光用単一モード光ファイバ7の端面については、出力光導波路2eからの光がこの基板端面1b(正確には、基板端面1bに形成された光出力用端面2g)において反射され、この反射された光が再度出力光導波路2eに結合することを避けるために、つまり反射戻り光を除去するために基板端面1bを斜めにカットされている。
- [0017] 以下では、説明を分かりやすくするために、図9に示すように、出力光導波路2eはz-カットLN基板1の側面1c、1d(あるいはパッケージ筐体側面11a、11b)に平行とする。
- [0018] 図10は、図7のz-カットLN基板1の基板端面1b(正確には、基板端面1bに形成

された光出力用端面2gであるが、簡単のため以下においては基板端面1bと記す)において光が屈折される様子を示している。

- [0019] 出力光導波路2eは基板側面1c, 1d(あるいはパッケージ筐体側面11a, 11b)に平行としたので、z-カットLN基板1の端面1bはz-カットLN基板1の側面1c, 1dへの垂線(あるいはパッケージ筐体側面11a, 11bへの垂線)に対して θ_0 だけ傾いている。
- [0020] なお、 θ_0 は換言するとz-カットLN基板1の端面1bへの垂線10と出力光導波路2eを伝搬する光のなす角度とも言える。
- [0021] ここで、 n_{LN} は出力光導波路2eの等価屈折率である。
- [0022] なお、UVキュア接着剤8の屈折率と信号光用単一モード光ファイバ7の等価屈折率は等しいと考えて n_2 として表している。
- [0023] 出力光導波路2eを伝搬してきた光はz-カットLN基板1の端面1b(前述のように、正確には基板端面1bに形成された光出力用端面2gであるが、簡単のため以下においては基板端面1bと記す)においてスネルの法則により屈折する。
- [0024] ここで、z-カットLN基板1の端面において屈折して伝搬する光が垂線10となす角度を Θ とする。
- [0025] 図10中、 $\Delta\theta (= \Theta - \theta_0)$ は基板端面1bにおいて屈折した光とz-カットLN基板1の側面1c, 1d(あるいはパッケージ筐体側面11a, 11b)に平行な線とがなす角度である。
- [0026] 図10から分かるように、一般に、出力光導波路2eはz-カットLN基板1の側面1c, 1d(あるいはパッケージ筐体側面11a, 11b)に平行となるように設計されているので、z-カットLN基板1の側面1c, 1dへの垂線やパッケージ筐体11の側面11a, 11bへの垂線に対して、 θ_0 の角度で傾いた基板端面1bにおいてスネルの法則に基づいて屈折した光の $\Delta\theta$ は零とはならない。
- [0027] つまり、基板端面1bにおいて屈折した光はz-カットLN基板1の側面1c, 1d(あるいはパッケージ筐体側面11a, 11b)に平行な線に対し $\Delta\theta$ の角度を持って伝搬する。
- [0028] よく知られているように、波長 λ でスポットサイズwのガウシアンビームが角度 $\Delta\theta$ の

角度ずれをもって結合する場合の結合効率 η は次の式により与えられる(非特許文献1参照)。

$$[0029] \quad \eta = \exp(-(\pi \cdot w \cdot \Delta \theta / \lambda)^2) \quad \dots (1)$$

つまり、信号光用単一モード光ファイバ7をz-カットLN基板1の側面1c, 1d (あるいはパッケージ筐体側面11a, 11b)に平行に設置する場合には、基板端面1bにおいて屈折した光と信号光用単一モード光ファイバ7の光軸には $\Delta \theta$ だけ傾きのずれが生じ、その結果、屈折した光が信号光用単一モード光ファイバ7に結合する際に(1)式で表される結合損失が発生することになる。

[0030] 従って、この角度ずれによる光の損失の増加を抑えるには、図9に示すように、信号光用単一モード光ファイバ7をパッケージ筐体側面11a, 11bに対して斜めに固定する必要がある。

[0031] 図11は、図7の信号光用単一モード光ファイバ7とガラスキャピラリー6をパッケージ筐体11内に実装した状態の上面図を示している。

[0032] 図11中、参照符号11はパッケージ筐体、参照符号12はファイバ被覆材、参照符号13は気密封止用の半田材、参照符号14はパッケージ筐体11の筒部、参照符号15は信号光用単一モード光ファイバ7のファイバ被覆材12をパッケージ筐体11の筒部14に固定している接着剤である。

[0033] 前述したように、信号光用単一モード光ファイバ7はz-カットLN基板1の端面1bに大きな角度で斜めに固定されているので、パッケージ筐体11の筒部14の中において、信号光用単一モード光ファイバ7とファイバ被覆材12とは大きな角度で斜めになっている。

非特許文献1:河野 健治著,「光デバイスのための光結合系の基礎と応用」, 第2版, 現代工学社, 1998年6月, p. 45, p. 168

[0034] さて、信号光用単一モード光ファイバ7とガラスキャピラリー6をz-カットLN基板1の端面1bに固定する際には出力光導波路2eと信号光用単一モード光ファイバ7の光軸を一致させるために、信号光用単一モード光ファイバ7を光軸と直交する方向及び光軸方向に位置調整する必要がある。

[0035] ところが、前述したように、図11に示した従来技術では、信号光用単一モード光フ

ファイバ7とそのファイバ被覆材12がパッケージ筐体11の筒部14の中でも斜めになっている。

[0036] そして、信号光用単一モード光ファイバ7を実装する際には、z-カットLN基板1の側面1c、1dやパッケージ筐体11の側面11a、11bが実装の基準線となるので、そもそも信号光用単一モード光ファイバ7をこれらの基準線に対し大きな角度で斜めに位置させて調整および実装することは技術的に困難である。

[0037] また、信号光用単一モード光ファイバ7の傾きが大きいので、十分な位置調整のマージンを確保するためには、信号光用単一モード光ファイバ7が通る穴の直径 D_1 も2mm程度と大きくなり、また筒部14の内径 D_2 も5mm程度と大きくなってしまう。

[0038] 従って、気密封止のための半田材13も多量に使う必要があり、これらを溶かすために筒部14を数10秒の間200℃以上の高い温度に保つので、高熱に弱いファイバ被覆材が変質してしまうという問題がある。

[0039] 以上のように、従来技術では、LN基板端面から出力される光はLN基板の側面(あるいはパッケージ筐体の側面)の方向に対して斜めに出力されていたため、信号光用単一モード光ファイバもパッケージ筐体に大きな角度で斜めに固定されている。

[0040] その結果、以上のような従来技術では、信号光用単一モード光ファイバの位置調整が困難であり、あるいは位置調整を充分には行うことができず、さらには、位置調整を充分に行おうとすると、パッケージ筐体の筒部の内径が大きくなり、そしてファイバ被覆材を損傷せずに気密封止をすることが困難であるという問題がある。

[0041] このため、単一モード光ファイバの斜めの角度を小さくすることを含め、信号光用単一モード光ファイバの位置調整作業と固定作業を含む実装を容易に行うことのできる構造を有する導波路型光デバイスの開発が望まれている。

発明の開示

[0042] そこで、本発明は、以上のような従来技術による問題点を解消して、単一モード光ファイバの斜めの角度を小さくすることを含め、信号光用単一モード光ファイバの位置調整作業と固定作業を含む実装を容易に行うことのできる構造を有することにより、小型で低損失な導波路型光デバイスを提供することを目的としている。

[0043] 上記目的を達成するために、本発明の第1の態様によると、

基板(1)と、

前記基板(1)上に形成される光導波路(2)と、

前記光導波路(2)に備えられる機能光導波路(2c-1、2c-2)と、

前記基板(1)の長手方向側の端である基板端面(1a、1b)に設けられている、前記光導波路(2)のための光入力用端面(2f)及び光出力用端面(2g)との少なくとも一方と、

前記光入力用端面(2f)と前記機能光導波路(2c-1、2c-2)を結ぶ入力光導波路(2a)及び前記光出力用端面(2g)と前記機能光導波路(2c-1、2c-2)を結ぶ出力光導波路(2e)の少なくとも一方とを具備し、

前記入力光導波路(2a)及び出力光導波路(2e)の少なくとも一方が、前記光入力用端面(2f)及び光出力用端面(2g)の少なくとも一方側において、

前記機能光導波路(2c-1、2c-2)と零でない角度をなし、かつそれぞれの側の前記基板端面(1a、1b)に対してなす角度を90度とは異ならしめて形成されていることを特徴とする導波路型光デバイスが提供される。

[0044] また、上記目的を達成するために、本発明の第2の態様によると、

前記基板(1)が収納されるべきパッケージ筐体(11)をさらに具備し、

前記光入力用端面(2f)へ入力される光または前記光出力用端面(2g)から出力される光の少なくとも一方と前記基板(1)の短手方向側の端である基板側面(1c、1d)あるいは前記パッケージ筐体(11)の短手方向側のパッケージ筐体側面(11a、11b)とのなす角度が所望の角度となるように、

前記光入力用端面(2f)を構成する入力光導波路(2a)または前記光出力用端面(2g)を構成する出力光導波路(2e)の少なくとも一方と前記機能光導波路(2c-1、2c-2)とのなす角度を零とは異ならしめるとともに、かつそれぞれの側の前記基板端面(1a、1b)に対してなす角度を90度とは異ならしめて形成されていることを特徴とする第1の態様に従う導波路型光デバイスが提供される。

[0045] また、上記目的を達成するために、本発明の第3の態様によると、

前記基板(1)が収納されるべきパッケージ筐体(11)をさらに具備し、

前記光入力用端面(2f)へ入力される光または前記光出力用端面(2g)から出力さ

れる光の少なくとも一方と前記基板(1)の短手方向側の端である基板側面(1c、1d)あるいは前記パッケージ筐体(11)の短手方向側のパッケージ筐体側面(11a、11b)となす角度の絶対値が、

前記入力光導波路(2a)または出力光導波路(2e)の少なくとも一方が前記機能光導波路(2c-1、2c-2)と平行であると仮定した場合において、前記光入力用端面(2f)へ入力される光または前記光出力用端面(2g)から出力される光が前記基板の短手方向側の端である基板側面(1c、1d)あるいは前記パッケージ筐体(11)の短手方向側のパッケージ筐体側面(11a、11b)となす角度の絶対値よりも小さくなるように、

前記入力光導波路(2a)または前記出力光導波路(2e)の少なくとも一方が前記機能光導波路(2c-1、2c-2)となす角度を零とは異ならしめるとともに、かつそれぞれの側の前記基板端面(1a、1b)に対してなす角度を90度とは異ならしめて形成されていることを特徴とする第1の態様に従う導波路型光デバイスが提供される。

[0046] また、上記目的を達成するために、本発明の第4の態様によると、

前記基板(1)が収納されるべきパッケージ筐体(11)をさらに具備し、

前記光入力用端面(2f)へ入力される光または前記光出力用端面(2g)から出力される光が前記基板(1)の短手方向側の端である基板側面(1c、1d)あるいは前記パッケージ筐体(11)の短手方向側のパッケージ筐体側面(11a、11b)と平行な方向に入力あるいは出力されるように、

前記光入力光導波路(2a)または前記出力光導波路(2e)の少なくとも一方と前記機能光導波路(2c-1、2c-2)となす角度を零とは異ならしめるとともに、それぞれの側の前記基板端面(1a、1b)に対してなす角度を90度とは異ならしめて形成されていることを特徴とする第1の態様に従う導波路型光デバイスが提供される。

[0047] また、上記目的を達成するために、本発明の第5の態様によると、

前記光入力用端面(2f)の近傍または前記光出力用端面(2e)の近傍に単一モード光ファイバ(7)が設けられていることを特徴とする第1の態様に従う導波路型光デバイスが提供される。

[0048] また、上記目的を達成するために、本発明の第6の態様によると、

前記入力光導波路(2a)又は前記出力光導波路(2e)の等価屈折率、もしくは前記基板(1)の屈折率を n_1 とし、

前記入力光導波路(2a)又は前記出力光導波路(2e)が接する媒質の屈折率、もしくは等価屈折率を n_2 とし、

前記光入力用端面(2f)又は前記光出力用端面(2g)が前記基板側面(1c、1d)への垂線となす角度を θ_{0A} とし、

前記入力光導波路(2a)又は前記出力光導波路(2e)が前記基板側面(1c、1d)となす角度を θ_{1A} とし、

前記入力光導波路(2a)に入射する光、もしくは前記出力光導波路(2e)から出射される光と前記機能光導波路(2c-1、2c-2)とのなす角度を $\Delta\theta$ とし、

前記 $\Delta\theta$ が $\Delta\theta = (\theta_{0A} - \theta_{1A})n_1/n_2 - \theta_{0A}$ で与えられる場合に、

前記入力光導波路(2a)へ入射する光と前記短手方向側の前記パッケージ筐体側面(11a、11b)とのなす角度もしくは前記出力光導波路(2e)から出力する光と前記短手方向側の前記パッケージ筐体側面(11a、11b)とのなす角度が所望の角度となるように、

前記 θ_{1A} と前記 $(\theta_{0A} - \theta_{1A})$ を零とは異ならしめていることを特徴とする第2の態様に従う導波路型光デバイスが提供される。

[0049] また、上記目的を達成するために、本発明の第7の態様によると、

前記入力光導波路(2a)又は前記出力光導波路(2e)の等価屈折率、もしくは前記基板(1)の屈折率を n_1 とし、

前記入力光導波路(2a)又は前記出力光導波路(2e)が接する媒質の屈折率、もしくは等価屈折率を n_2 とし、

前記光入力用端面(2f)又は前記光出力用端面(2g)が前記基板側面(1c、1d)への垂線となす角度を θ_{0A} とし、

前記入力光導波路(2a)又は前記出力光導波路(2e)が前記基板側面(1c、1d)となす角度を θ_{1A} とし、

前記入力光導波路(2a)に入射する光、もしくは前記出力光導波路(2e)から出射する光と前記機能光導波路(2c-1、2c-2)とのなす角度を $\Delta\theta$ とし、

前記 $\Delta \theta$ が $\Delta \theta = (\theta_{0A} - \theta_{1A})n_1 / n_2 - \theta_{0A}$ で与えられる場合に、

前記 $\Delta \theta$ の絶対値が、前記 θ_{1A} の値を零とした場合の前記 $\Delta \theta$ の絶対値よりも小さくなるように、

前記 θ_{1A} を零とは異ならしめていることを特徴とする第3の態様に従う導波路型光デバイスが提供される。

[0050] また、上記目的を達成するために、本発明の第8の態様によると、

前記入力光導波路(2a)又は前記出力光導波路(2e)の等価屈折率、もしくは前記基板(1)の屈折率を n_1 とし、

前記入力光導波路(2a)又は前記出力光導波路(2e)が接する媒質の屈折率、もしくは等価屈折率を n_2 とし、

前記光入力用端面(2f)又は前記光出力用端面(2g)が前記基板側面(1c、1d)への垂線となす角度を θ_{0A} とし、

前記光入力用端面(2f)又は前記光出力用端面(2g)が前記パッケージ筐体側面(11a、11b)への垂線となす角度を θ_{0B} とし、

前記入力光導波路(2a)又は前記出力光導波路(2e)が前記基板側面(1c、1d)となす角度を θ_{1A} とし、

前記入力光導波路(2a)又は前記出力光導波路(2e)が前記パッケージ筐体側面(11a、11b)となす角度を θ_{1B} とした場合に、

前記 n_1 、前記 n_2 、前記 θ_{0A} 、前記 θ_{1A} が $\theta_{0A} = n_1 \theta_{1A} / (n_1 - n_2)$ の関係を満たす、あるいは前記 n_1 、前記 n_2 、前記 θ_{0B} 、前記 θ_{1B} が $\theta_{0B} = n_1 \theta_{1B} / (n_1 - n_2)$ の関係を満たすことを特徴とする第4の態様に従う導波路型光デバイスが提供される。

[0051] また、上記目的を達成するために、本発明の第9の態様によると、

前記光入力用端面(2f)へ入力される光または前記光出力用端面(2g)から出力される光の少なくとも一方と前記基板(1)の短手方向側の端である基板側面(1c、1d)あるいは前記パッケージ筐体(11)の短手方向側のパッケージ筐体側面(11a、11b)となす角度の絶対値が、

前記入力光導波路(2a)または出力光導波路(2e)の少なくとも一方が前記機能光導波路(2c-1、2c-2)と平行であると仮定した場合において、前記光入力用端面(

2f)へ入力される光または前記光出力用端面(2g)から出力される光が前記基板の短手方向側の端である基板側面(1c、1d)あるいは前記パッケージ筐体(11)の短手方向側のパッケージ筐体側面(11a、11b)となす角度の絶対値よりも小さくなるように、

前記入力光導波路(2a)または前記出力光導波路(2e)の少なくとも一方が前記機能光導波路(2c-1、2c-2)となす角度を零とは異ならしめるとともに、かつそれぞれの側の前記基板端面(1a、1b)に対してなす角度を90度とは異ならしめて形成されていることを特徴とする第2の態様に従う導波路型光デバイスが提供される。

[0052] また、上記目的を達成するために、本発明の第10の態様によると、

前記光入力用端面(2f)へ入力される光または前記光出力用端面(2g)から出力される光が前記基板(1)の短手方向側の端である基板側面(1c、1d)あるいは前記パッケージ筐体(11)の短手方向側のパッケージ筐体側面(11a、11b)と平行な方向に入力あるいは出力されるように、

前記光入力光導波路(2a)または前記出力光導波路(2e)の少なくとも一方と前記機能光導波路(2c-1、2c-2)とのなす角度を零とは異ならしめるとともに、それぞれの側の前記基板端面(1a、1b)に対してなす角度を90度とは異ならしめて形成されていることを特徴とする第2の態様に従う導波路型光デバイスが提供される。

[0053] また、上記目的を達成するために、本発明の第11の態様によると、

前記光入力用端面(2f)へ入力される光または前記光出力用端面(2g)から出力される光が前記基板(1)の短手方向側の端である基板側面(1c、1d)あるいは前記パッケージ筐体(11)の短手方向側のパッケージ筐体側面(11a、11b)と平行な方向に入力あるいは出力されるように、

前記光入力光導波路(2a)または前記出力光導波路(2e)の少なくとも一方と前記機能光導波路(2c-1、2c-2)とのなす角度を零とは異ならしめるとともに、それぞれの側の前記基板端面(1a、1b)に対してなす角度を90度とは異ならしめて形成されていることを特徴とする第3の態様に従う導波路型光デバイスが提供される。

[0054] また、上記目的を達成するために、本発明の第12の態様によると、

前記光入力用端面(2f)の近傍または前記光出力用端面(2e)の近傍に単一モー

ド光ファイバ(7)が設けられていることを特徴とする第2の態様に従う導波路型光デバイスが提供される。

[0055] また、上記目的を達成するために、本発明の第13の態様によると、前記光入力用端面(2f)の近傍または前記光出力用端面(2e)の近傍に単一モード光ファイバ(7)が設けられていることを特徴とする第3の態様に従う導波路型光デバイスが提供される。

[0056] また、上記目的を達成するために、本発明の第14の態様によると、前記光入力用端面(2f)の近傍または前記光出力用端面(2e)の近傍に単一モード光ファイバ(7)が設けられていることを特徴とする第4の態様に従う導波路型光デバイスが提供される。

[0057] 本発明による導波路型光デバイスの代表的な態様によれば、光は導波路型光デバイスの基板の端面から、基板の側面(あるいはパッケージ筐体の側面)に平行な方向に光が出力あるいは入力されるので、光出力用や光入力用の単一モード光ファイバとの結合損失を小さくすることができる。

[0058] また、本発明による導波路型光デバイスの代表的な態様によれば、光を出力もしくは入力するための単一モード光ファイバを、導波路型光デバイスの基板の側面(あるいはパッケージ筐体の側面)に平行に取り付けることができ、さらにはパッケージ筐体の側面に平行な光を基板の端面に出力や入力できるので、光の挿入損失を増加することなく、容易に光ファイバの実装を行うことが可能であるとともに、パッケージ筐体を小型化できるという優れた利点も有している。

[0059] また、本発明のその他の態様によれば、導波路型光デバイスの基板の端面から、所望の角度あるいは比較的浅い角度を持って光が出力あるいは入力されるので、光出力用や光入力用の単一モード光ファイバとの結合損失を小さくすることができる。

[0060] また、本発明のその他の態様によれば、光を出力もしくは入力するための単一モード光ファイバを、導波路型光デバイスの基板の側面(あるいはパッケージ筐体の側面)に対して所望の角度、あるいは比較的浅い角度を持って取り付けることができるので、光の挿入損失を増加することなく、容易に光ファイバの実装を行うことが可能であるとともに、パッケージ筐体を小型化できるという優れた利点も有る。

図面の簡単な説明

- [0061] [図1]図1は、本発明による導波路型光デバイスの第1実施形態の構成を説明するために示す上面図である。
- [図2]図2は、図1の要部の構成を示す上面図である。
- [図3]図3は、図1の導波路型光デバイスの原理を説明するために示す図である。
- [図4]図4は、図1の導波路型光デバイスにおいて、信号光用単一モード光ファイバ7とガラスキャピラリー6を実際に実装した状態を示す上面図である。
- [図5]図5は、本発明の第2の実施形態において、信号光用単一モード光ファイバ7を実装した状態を説明するための上面図である。
- [図6]図6は、本発明の第3の実施形態において、信号光用単一モード光ファイバ7を実装した状態を説明するための上面図である。
- [図7]図7は、従来技術によるLN光変調器の構成を示す上面図である。
- [図8A]図8Aは、図7の信号光用単一モード光ファイバ7をガラスキャピラリー6に固定した状態を示す正面図である。
- [図8B]図8Bは、図7の信号光用単一モード光ファイバ7をガラスキャピラリー6に固定した状態を示す側面図である。
- [図9]図9は、図7の信号光用単一モード光ファイバ7を固定したガラスキャピラリー6をz-カットLN基板1の端面1bに固定した実装状態を示す図である。
- [図10]図10は、図7のz-カットLN基板1の基板端面1bにおいて光が屈折される様子を示す図である。
- [図11]図11は、図7の信号光用単一モード光ファイバ7とガラスキャピラリー6をパッケージ筐体11内に実装した状態を示す上面図である。

発明を実施するための最良の形態

- [0062] 以下、本発明に係る導波路型光デバイスの実施形態について図1乃至図6を参照して説明する。
- [0063] 図1乃至図6において、図7乃至図11に示した従来技術と同じ番号は同じ部位に対応しているため、ここでは図7乃至図11に示した従来技術と同じ番号を持つ部位の詳細な説明を省略する。

[0064] (第1実施形態)

図1は、本発明による導波路型光デバイスの第1実施形態の構成を示す上面図である。図2は、後述するように、図1の要部の構成として出力光導波路2eから光を出力する場合の構造を示す上面図である。図3は、図1の導波路型光デバイスのその原理図を示している。

[0065] 図2は、出力光導波路2eから光を出力する場合の構造として、信号光用単一モード光ファイバ7を固定したガラスキャピラリー6をz-カットLN基板1の端面1bに固定した実装状態を示している。

[0066] 図2中、参照符号8は紫外光を照射することにより硬化するUVキュア接着剤であり、z-カットLN基板1の端面1bとガラスキャピラリー6および信号光用単一モード光ファイバ7の端面の間にも染み込んでいる。

[0067] なお、図1に破線で示したように、入力光導波路2aに光を入力する場合の構造も出力光導波路2eから光を出力する場合における構造と同じであるので、これについての説明は省略することとし、以降においては、出力光導波路2eから光を出力する場合について説明をするものとする。

[0068] そして、本発明に係る導波路型光デバイスは、基本構成(1)として次のような形態が含まれている。

[0069] すなわち、この基本構成(1)による導波路型光デバイスは、図1乃至図3に示すように、基板1と、前記基板1上に形成される光導波路2と、前記光導波路2に備えられる機能光導波路2c-1、2c-2と、前記基板1の長手方向側の端である基板端面1a、1bに設けられている前記光導波路2のための光入力用端面2f及び光出力用端面2gとの少なくとも一方と、前記光入力用端面2fと前記機能光導波路2c-1、2c-2を結ぶ入力光導波路2aまたは前記光出力用端面2gと前記機能光導波路2c-1、2c-2を結ぶ出力光導波路2eの少なくとも一方とを具備し、前記入力光導波路2aまたは出力光導波路2eの少なくとも一方が、前記光入力用端面(2f)及び光出力用端面(2g)の少なくとも一方側において、前記機能光導波路2c-1、2c-2と零でない角度をなし、かつそれぞれの側の前記基板端面1a、1bに対してなす角度を90度とは異ならしめて形成されている。

[0070] 図2及び図3に示すように、出力光導波路2eを伝搬してきた光はz-カットLN基板1の端面1bにおいてスネルの法則により屈折する。

[0071] 本発明の第1実施形態では、図3に示すように、出力光導波路2eの光軸はz-カットLN基板1の側面1c, 1d(あるいはパッケージ筐体側面11a, 11b)に対して θ_1 だけ傾けられている。その結果、出力光導波路2eを伝搬する光の光軸も θ_1 の傾きを持っている。

[0072] z-カットLN基板1の端面1bはz-カットLN基板1の側面への垂線(あるいはパッケージ筐体側面11a, 11bへの垂線)に対して θ_0 だけ傾いている。

[0073] 以下に説明するように、本発明の各実施形態では出力光導波路2eの光軸の傾き θ_1 と基板端面1bの傾き θ_0 が重要な働きをする。

[0074] ここで、 n_{LN} は出力光導波路2eの等価屈折率である。UVキュア接着剤8は出力光導波路2eと信号光用単一モード光ファイバ7の接合部に染み込んでいると仮定したので、UVキュア接着剤8の屈折率と信号光用単一モード光ファイバ7の等価屈折率は等しいとし、 n_2 として表している。

[0075] 図10に示した従来技術と同様に、図3においてもz-カットLN基板1の端面1bにおいて屈折して伝搬する光がz-カットLN基板1の端面1bへの垂線10となす角度を Θ とする。

[0076] 図3中、 $\Delta\theta (= \Theta - \theta_0)$ は基板端面1bにおいて屈折した光とz-カットLN基板1の側面1c, 1d(あるいはパッケージ筐体側面11a, 11b)に平行な線とがなす角度である。

[0077] スネルの法則から図3において、次式が成立する。

$$[0078] \quad n_{LN}(\theta_0 - \theta_1) = n_2 \Theta \quad \dots (2)$$

ここで、 $\Theta = \theta_0 + \Delta\theta$ であることを考えると、

$$n_{LN}(\theta_0 - \theta_1) = n_2(\theta_0 + \Delta\theta) \quad \dots (3)$$

が成り立つ。よって、 θ_0 と $\Delta\theta$ の間には次の関係式

$$\theta_0 = (n_{LN}\theta_1 + n_2\Delta\theta) / (n_{LN} - n_2) \quad \dots (4)$$

あるいは次の関係式

$$\Delta\theta = (\theta_0 - \theta_1)n_{LN} / n_2 - \theta_0 \quad \dots (4-1)$$

が成り立つ。

[0079] さらに、 $\Delta \theta = 0$ の場合には

$$\theta_o = (n_{LN} \theta_1) / (n_{LN} - n_2) \quad \dots (5)$$

が成立する。

[0080] 例えば、z-カットLN基板1に形成した出力光導波路2eの等価屈折率 n_{LN} と、信号光用単一モード光ファイバ7及びこれを固定するためのUVキュア接着剤8の屈折率 n_2 を各々 $n_{LN} = 2.14$ 、 $n_2 = 1.45$ とすると、以下の式を得る。

$$\begin{aligned} \theta_o &= (2.14 \theta_1 + 1.45 \Delta \theta) / (2.14 - 1.45) \\ &= 3.10 \theta_1 + 2.10 \Delta \theta \end{aligned} \quad \dots (6)$$

$\Delta \theta = 0$ の場合には

$$\theta_o = 3.10 \theta_1 + 2.10 \Delta \theta \quad \dots (7)$$

となる。

[0082] 一例として、z-カットLN基板1の側面1c、1d(あるいはパッケージ筐体側面11a、11b)に対する出力光導波路2eの傾き θ_1 が 3° の場合を考える。

[0083] この場合、基板端面1bから出力された光がz-カットLN基板1の側面1c、1d(あるいはパッケージ筐体側面11a、11b)に対して平行、つまり(7)式から、 $\Delta \theta = 0$ とするためにはz-カットLN基板1の側面1c、1dへの垂線(あるいはパッケージ筐体側面11a、11bへの垂線)に対する基板端面1bの角度 θ_o を9.3度とすれば良いことになる。

[0084] なお、出力光導波路2eの等価屈折率 n_{LN} がz-カットLN基板1の屈折率にほぼ等しい場合には、(2)式から(5)式の中における出力光導波路2eの等価屈折率 n_{LN} をz-カットLN基板1の屈折率によって置き換えることができる。

[0085] この第1の実施形態においては、出力光導波路2eの傾き θ_1 と基板端面1bの傾き θ_o を最適な角度に傾けることにより、(4)式において $\Delta \theta = 0$ となり、(5)式が成り立つ。

[0086] つまり、信号光用単一モード光ファイバ7の光軸をz-カットLN基板1の側面1c、1d(あるいはパッケージ筐体側面11a、11b)に対して平行にすることが可能となる。

[0087] 図4は、図1の導波路型光デバイスにおいて、信号光用単一モード光ファイバ7とガ

ラスキャピラリー6を実装した状態の上面図を示す。

[0088] 図4中、参照符号11はパッケージ筐体、参照符号12はファイバ被覆材、参照符号13は気密封止用の半田材であり、部分的にメタライズした信号光用単一モード光ファイバ7とパッケージ筐体11を半田材13により接合することにより、気密を保っている。

[0089] また、図4中、参照符号15は信号光用単一モード光ファイバ7のファイバ被覆材12をパッケージ筐体11の筒部14に固定している接着剤である。

[0090] 本発明の第1実施形態では、出力光導波路2eの傾き θ_1 に対して出力光導波路2eの等価屈折率 n_{LN} とUVキュア接着剤8の屈折率 n_2 を考慮して基板端面1bの傾き θ_0 を適切に設定することにより、 $\Delta\theta=0$ 、つまり(5)式が成り立ち、信号光用単一モード光ファイバ7をz-カットLN基板1の側面1c、1d(あるいはパッケージ筐体側面11a、11b)に平行に固定することが可能となる。

[0091] なお、図4において、パッケージ筐体側面11a、11bはパッケージ筐体11の内壁を指しているが、内壁と外壁がほぼ平行な場合には外壁を指しても良いことは言うまでもない。

[0092] さて、図11に示した従来技術において説明したように、信号光用単一モード光ファイバ7とガラスキャピラリー6をz-カットLN基板1の端面1bに固定する際、結合損失の増加を抑えるためには出力光導波路2eと信号光用単一モード光ファイバ7の光軸を一致させることが不可欠となり、そのため信号光用単一モード光ファイバ7を大きな角度のまま光軸と直交する方向と光軸方向に位置的に調整する必要がある。

[0093] 一方、前述のように、本発明の第1の実施形態では、信号光用単一モード光ファイバ7をz-カットLN基板1の側面1c、1d(あるいはパッケージ筐体側面11a、11b)に対して平行に固定することができる。

[0094] このため、本発明の第1の実施形態では、信号光用単一モード光ファイバ7を位置調整・固定する際に、前述のようにz-カットLN基板1の側面1c、1d(あるいはパッケージ筐体側面11a、11b)を基準線として使用できるので、これらの作業を容易とすることができる。

[0095] さらに、本発明の第1の実施形態では、信号光用単一モード光ファイバ7が通る穴

の直径 D_1 も1mm程度と小さくて良く、また筒部14の直径 D_2 も2mm程度と小さくて済むため、気密封止のための半田材13も少量で良いと共に、この半田材13を溶かすために筒部14を瞬間的に高温に上げれば良いので、高熱に弱いファイバ被覆材12が変質するという問題も解決することができる。

[0096] (第2実施形態)

本発明の第2実施形態も、上記第1実施形態で示したように、(4)式において $\Delta\theta = 0$ 、つまり(5)式が成り立つ θ_1 と θ_0 との関係を満たす構成である。

[0097] この第2実施形態では、第1実施形態のようにガラスキャピラリー6を介して信号光用単一モード光ファイバ7をz-カットLN基板1の端面1bに固定する手法のみでなく、基板端面1bから出力される光が空間を伝搬する構造、つまりレンズを用いる光学系にも適用することが可能である。

[0098] 図5は、本発明の第2の実施形態において、信号光用単一モード光ファイバ7を実装した状態を説明するための上面図である。

[0099] 図5中、参照符号16はレンズ、参照符号17はレンズホルダ、参照符号18はフェルール、参照符号19はフェルールガイドである。

[0100] 本発明の第2実施形態が本発明の第1の実施形態と異なる点は、z-カットLN基板1の端面1bに信号光用単一モード光ファイバ7が直接結合していない点である。

[0101] つまり、出力用光導波路2eを伝搬した光は基板端面1bから空気中に出力され伝搬し、レンズ16を介して信号光用単一モード光ファイバ7に結合している。

[0102] この場合には、上記第1実施形態で示した(5)式において $n_2 = 1$ と置くことにより、本発明を実現するために必要な出力光導波路2eの傾き θ_1 と基板端面1bの傾き θ_0 を求めることができる。

[0103] この第2の実施形態の場合には、z-カットLN基板1の端面1bから光がz-カットLN基板1の側面1c, 1d(あるいはパッケージ筐体側面11a, 11b)に平行に出力される。

[0104] そのため、この光を信号光用単一モード光ファイバ7に結合する際に、レンズ16を基板端面1bから空気中に出た光の光軸上に置くことが可能となるので、レンズ16の球面収差による結合効率の劣化が少なくすむ。

- [0105] また、基板端面1bから、光がパッケージ筐体11の側面11a, 11bに平行にまっすぐ出力されるので、光はパッケージ筐体11の中を斜めには伝搬せず、パッケージ筐体11を小さくすることができる。
- [0106] さらに、本発明の第2の実施形態では、z-カットLN基板1をその側面がパッケージ筐体11の側面11a, 11bと平行になるように設置できるので、この点からみても、パッケージ筐体11を小型化できるという優れた利点がある。
- [0107] 以上の説明は、本発明の導波路型光デバイスが適用されるLN光変調器等の出力用光導波路2eから信号光用単一モード光ファイバ7に向かって光が出射される場合についてである。
- [0108] 一方、本発明の導波路型光デバイスが適用されるLN光変調器等のもう片方の基板端面1aにおいては入力用光導波路2a(図1参照)に光が入る。
- [0109] これまでの出力用光導波路2eの説明は、この入力用光導波路2aの側の基板端面1aについても適用することができ、同じ考え方でz-カットLN基板1の側面1c, 1d (あるいはパッケージ筐体側面11a, 11b)に平行な光を入力用光導波路2aに入力することが可能である。
- [0110] なお、入力用光導波路もしくは出力用光導波路の片方のみを有する導波路型光デバイスの場合でも、本発明を適用できることは言うまでもない。
- [0111] また、z-カットLN基板1の側面1c, 1dはパッケージ筐体11の側面11a, 11bに平行であるとしたが、本発明ではz-カットLN基板1の端面1a, 1bに向かう光導波路の傾き角度と基板端面1a, 1bの傾き角度の関係が重要なのであり、z-カットLN基板1の側面1c, 1dはパッケージ筐体11の側面11a, 11bと平行でなくても良い。
- [0112] なお、このz-カットLN基板1の側面1c, 1dとパッケージ筐体11の側面11a, 11bとの両者が平行関係ではない場合には、パッケージ筐体側面11a, 11bに平行な光の構成とすると、実装上において都合が良く、また便利である。
- [0113] なお、上記のような説明中の「LN基板の側面1c, 1d(あるいはパッケージ筐体側面11a, 11b)に平行」の平行度についてであるが、これは厳密な意味での平行を必要としているわけではなく、ほぼ平行であれば、本発明を実施する上で問題はない。
- [0114] また、入力光導波路2aと出力光導波路2eが基板端面1a, 1bに届く前に、途切れ

ているいわゆる窓構造においても本発明を適用することができるのは言うまでもない。

[0115] なお、第2実施形態において、信号光用単一モード光ファイバ7の端面を戻り光防止の目的で斜めにカットしている場合には、信号光用単一モード光ファイバ7に入力する光をその光軸に合うように傾ける必要があるが、z-カットLN基板1の側面1c, 1dをパッケージ筐体11の側面11a, 11bに平行に設置しても、出力用光導波路2eの傾きの角度を設定することにより、これを実現することができる。

[0116] なお、以上の説明においては、パッケージ筐体側面11a, 11bの形状を図1乃至5に示したように均一平面と想定して説明してきたが、これに限定されるものではない。

[0117] 例えば、側面の一部のみに平面、あるいは基準となる部位があればよく、その部位に対し上述した基板上の光導波路の角度を設定すれば良い。

[0118] なお、本発明の全ての実施形態において、信号光用単一モード光ファイバ7をz-カットLN基板1の側面1c, 1d(あるいはパッケージ筐体側面11a, 11b)に平行には固定しない場合(つまり、図3において、 $\Delta\theta = 0$ としない場合)には、入力光導波路2aもしくは出力光導波路2eの傾き θ_1 と基板端面1bの傾き θ_0 のうち、特に入力光導波路2aもしくは出力光導波路2eの傾き θ_1 を適切な角度に設定することにより、入力光導波路2aもしくは出力光導波路2eの傾き θ_1 が零の場合と比較して、 $\Delta\theta$ の絶対値を小さく抑えることができるので、結果としてモジュールの製作性を著しく改善することができる。

[0119] また、入射光もしくは出射光を所望の角度に傾ける必要がある場合にも、特に入力光導波路2aもしくは出力光導波路2eの傾き θ_1 を適切な値に設定することによりそれが可能となる。

[0120] (第3実施形態)

図6は、本発明の第3実施形態において、信号光用単一モード光ファイバ7を実装した状態を説明するための上面図である。

[0121] 本実施形態では、パッケージ筐体11の筒部14が斜めになっている場合に、基板端面1bから斜めに光を出射することにより、筒部14と同様に斜めになっている信号光用単一モード光ファイバ7にz-カットLN基板1の端面1bから出射される光を効率

的に結合させている。

[0122] すなわち、本発明の第3実施形態では、基板端面1bはz-カットLN基板1の側面1c、1dに対してはほぼ垂直であるが、出力用光導波路2aが基板端面1bに対して斜めの角度を形成しているので、光は基板端面1bから斜めに出射される。

[0123] 以上の説明において、光は出射側を例にとったが、入射側についても本発明を適用できることは自明である。

[0124] また、LN基板としてz-カットLN基板について説明したが、x-カット基板あるいはy-カットLN基板など各種基板を用いても良い。

[0125] さらに、基板としてLN基板を想定したがリチウムタンタレートなどその他の誘電体基板、さらには半導体基板でも良い。

[0126] また、本発明の導波路型光デバイスの適用としては、光変調器にとどまらず、アレー導波路格子(AWG)フィルタなどの平面光回路(PLC)など、その他の光導波路デバイスにも使えることは言うまでもない。

[0127] そして、以上のような各実施形態に基づいて説明してきた本発明には、上述した基本構成(1.)に加えて、次のような構成(2.)乃至(8.)が含まれている。

[0128] (2.)前記基板1が収納されるべきパッケージ筐体11をさらに具備し、前記光入力用端面2fへ入力される光または前記光出力用端面2gから出力される光の少なくとも一方と前記基板1の短手方向側の端である基板側面1c、1dあるいは前記パッケージ筐体11の短手方向側のパッケージ筐体側面11a、11bとのなす角度が所望の角度となるように、前記光入力用端面2fを構成する入力光導波路2aまたは前記光出力用端面2gを構成する出力光導波路2eの少なくとも一方と前記機能光導波路2c-1、2c-2とのなす角度を零とは異ならしめるとともに、かつそれぞれの側の前記基板端面1a、1bに対してなす角度を90度とは異ならしめて形成されていることを特徴とする基本構成(1.)に従う導波路型光デバイス。

[0129] (3.)前記基板1が収納されるべきパッケージ筐体11をさらに具備し、前記光入力用端面2fへ入力される光または前記光出力用端面2gから出力される光の少なくとも一方と前記基板1の短手方向側の端である基板側面1c、1dあるいは前記パッケージ筐体11の短手方向側のパッケージ筐体側面11a、11bとのなす角度の絶対値が、

前記入力光導波路2aまたは出力光導波路2eの少なくとも一方が前記機能光導波路2c-1、2c-2と平行であると仮定した場合において、前記光入力用端面2fへ入力される光または前記光出力用端面2gから出力される光が前記基板の短手方向側の端である基板側面1c、1dあるいは前記パッケージ筐体11の短手方向側のパッケージ筐体側面11a、11bとなす角度の絶対値よりも小さくなるように、前記入力光導波路2aまたは前記出力光導波路2eの少なくとも一方が前記機能光導波路2c-1、2c-2となす角度を零とは異ならしめるとともに、かつそれぞれの側の前記基板端面1a、1bに対してなす角度を90度とは異ならしめて形成されていることを特徴とする基本構成(1.)または構成(2.)に従う導波路型光デバイス。

- [0130] (4.) 前記基板1が収納されるべきパッケージ筐体11をさらに具備し、前記光入力用端面2fへ入力される光または前記光出力用端面2gから出力される光が前記基板1の短手方向側の端である基板側面1c、1dあるいは前記パッケージ筐体11の短手方向側のパッケージ筐体側面11a、11bと平行な方向に入力あるいは出力されるように、

前記光入力光導波路2aまたは前記出力光導波路2eの少なくとも一方と前記機能光導波路2c-1、2c-2とのなす角度を零とは異ならしめるとともに、それぞれの側の前記基板端面1a、1bに対してなす角度を90度とは異ならしめて形成されていることを特徴とする基本構成(1.)及び構成(2.)、(3.)のいずれか一に従う導波路型光デバイス。

- [0131] (5.) 前記光入力用端面2fの近傍または前記光出力用端面2eの近傍に単一モード光ファイバ(7)が設けられていることを特徴とする基本構成(1.)及び構成(2.)乃至(4.)のいずれか一に従う導波路型光デバイス。

- [0132] (6.) 前記入力光導波路2a又は前記出力光導波路2eの等価屈折率、もしくは前記基板1の屈折率を n_1 とし、前記入力光導波路2a又は前記出力光導波路2eが接する媒質の屈折率、もしくは等価屈折率を n_2 とし、前記光入力用端面2f又は前記光出力用端面2gが前記基板側面1c、1dへの垂線となす角度を θ_{0A} とし、前記入力光導波路2a又は前記出力光導波路2eが前記基板側面1c、1dとなす角度を θ_{1A} とし、前記入力光導波路2aに入射する光、もしくは前記出力光導波路2eから出射される光と

前記機能光導波路2c-1、2c-2とのなす角度を $\Delta\theta$ とし、前記 $\Delta\theta$ が $\Delta\theta = (\theta_{0A} - \theta_{1A})n_1 / n_2 - \theta_{0A}$ で与えられる場合に、前記入力光導波路2aへ入射する光と前記短手方向側の前記パッケージ筐体側面11a、11bとのなす角度もしくは前記出力光導波路2eから出力する光と前記短手方向側の前記パッケージ筐体側面11a、11bとのなす角度が所望の角度となるように、前記 θ_{1A} と前記 $(\theta_{0A} - \theta_{1A})$ を零とは異ならしめていることを特徴とする構成(2.)に従う導波路型光デバイス。

[0133] (7.)前記入力光導波路2a又は前記出力光導波路2eの等価屈折率、もしくは前記基板1の屈折率を n_1 とし、前記入力光導波路2a又は前記出力光導波路2eが接する媒質の屈折率、もしくは等価屈折率を n_2 とし、前記光入力用端面2f又は前記光出力用端面2gが前記基板側面1c、1dへの垂線となす角度を θ_{0A} とし、前記入力光導波路2a又は前記出力光導波路2eが前記基板側面1c、1dとなす角度を θ_{1A} とし、前記入力光導波路2aに入射する光、もしくは前記出力光導波路2eから出射する光と前記機能光導波路2c-1、2c-2とのなす角度を $\Delta\theta$ とし、前記 $\Delta\theta$ が $\Delta\theta = (\theta_{0A} - \theta_{1A})n_1 / n_2 - \theta_{0A}$ で与えられる場合に、前記 $\Delta\theta$ の絶対値が、前記 θ_{1A} の値を零とした場合の前記 $\Delta\theta$ の絶対値よりも小さくなるように、前記 θ_{1A} を零とは異ならしめていることを特徴とする構成(3.)に従う導波路型光デバイス。

[0134] (8.)前記入力光導波路2a又は前記出力光導波路2eの等価屈折率、もしくは前記基板1の屈折率を n_1 とし、前記入力光導波路2a又は前記出力光導波路2eが接する媒質の屈折率、もしくは等価屈折率を n_2 とし、前記光入力用端面2f又は前記光出力用端面2gが前記基板側面1c、1dへの垂線となす角度を θ_{0A} とし、前記光入力用端面2f又は前記光出力用端面2gが前記パッケージ筐体側面11a、11bへの垂線となす角度を θ_{0B} とし、前記入力光導波路2a又は前記出力光導波路2eが前記基板側面1c、1dとなす角度を θ_{1A} とし、前記入力光導波路2a又は前記出力光導波路2eが前記パッケージ筐体側面11a、11bとなす角度を θ_{1B} とした場合に、前記 n_1 、前記 n_2 、前記 θ_{0A} 、前記 θ_{1A} が $\theta_{0A} = n_1 \theta_{1A} / (n_1 - n_2)$ の関係を満たす、あるいは前記 n_1 、前記 n_2 、前記 θ_{0B} 、前記 θ_{1B} が $\theta_{0B} = n_1 \theta_{1B} / (n_1 - n_2)$ の関係を満たすことを特徴とする構成(4.)に従う導波路型光デバイス。

[0135] したがって、以上のような本発明によれば、従来技術による問題点を解消して、単

一モード光ファイバの斜めの角度を小さくすることを含め、信号光用単一モード光ファイバの位置調整作業と固定作業を含む実装を容易に行うことのできる構造を有することにより、小型で低損失な導波路型光デバイスを提供することが可能となる。

請求の範囲

- [1] 基板と、
前記基板上に形成される光導波路と、
前記光導波路に備えられる機能光導波路と、
前記基板の長手方向側の端である基板端面に設けられている、前記光導波路のための光入力用端面及び光出力用端面との少なくとも一方と、
前記光入力用端面と前記機能光導波路を結ぶ入力光導波路及び前記光出力用端面と前記機能光導波路を結ぶ出力光導波路の少なくとも一方とを具備し、
前記入力光導波路及び出力光導波路の少なくとも一方が、前記光入力用端面及び光出力用端面の少なくとも一方側において、
前記機能光導波路と零でない角度をなし、かつそれぞれの側の前記基板端面に対してなす角度を90度とは異ならしめて形成されていることを特徴とする導波路型光デバイス。
- [2] 前記基板が収納されるべきパッケージ筐体をさらに具備し、
前記光入力用端面へ入力される光または前記光出力用端面から出力される光の少なくとも一方と前記基板の短手方向側の端である基板側面あるいは前記パッケージ筐体の短手方向側のパッケージ筐体側面とのなす角度が所望の角度となるように、
前記光入力用端面を構成する入力光導波路または前記光出力用端面を構成する出力光導波路の少なくとも一方と前記機能光導波路とのなす角度を零とは異ならしめるとともに、かつそれぞれの側の前記基板端面に対してなす角度を90度とは異ならしめて形成されていることを特徴とする請求項1に記載の導波路型光デバイス。
- [3] 前記基板が収納されるべきパッケージ筐体をさらに具備し、
前記光入力用端面へ入力される光または前記光出力用端面から出力される光の少なくとも一方と前記基板の短手方向側の端である基板側面あるいは前記パッケージ筐体の短手方向側のパッケージ筐体側面とのなす角度の絶対値が、
前記入力光導波路または出力光導波路の少なくとも一方が前記機能光導波路と平行であると仮定した場合において、前記光入力用端面へ入力される光または前記

光出力用端面から出力される光が前記基板の短手方向側の端である基板側面あるいは前記パッケージ筐体の短手方向側のパッケージ筐体側面となす角度の絶対値よりも小さくなるように、

前記入力光導波路または前記出力光導波路の少なくとも一方が前記機能光導波路となす角度を零とは異ならしめるとともに、かつそれぞれの側の前記基板端面に対してなす角度を90度とは異ならしめて形成されていることを特徴とする請求項1に記載の導波路型光デバイス。

[4] 前記基板が収納されるべきパッケージ筐体をさらに具備し、

前記光入力用端面へ入力される光または前記光出力用端面から出力される光が前記基板の短手方向側の端である基板側面あるいは前記パッケージ筐体の短手方向側のパッケージ筐体側面と平行な方向に入力あるいは出力されるように、

前記光入力光導波路または前記出力光導波路の少なくとも一方と前記機能光導波路とのなす角度を零とは異ならしめるとともに、それぞれの側の前記基板端面に対してなす角度を90度とは異ならしめて形成されていることを特徴とする請求項1に記載の導波路型光デバイス。

[5] 前記光入力用端面の近傍または前記光出力用端面の近傍に単一モード光ファイバが設けられていることを特徴とする請求項1に記載の導波路型光デバイス。

[6] 前記入力光導波路又は前記出力光導波路の等価屈折率、もしくは前記基板の屈折率を n_1 とし、

前記入力光導波路又は前記出力光導波路が接する媒質の屈折率、もしくは等価屈折率を n_2 とし、

前記光入力用端面又は前記光出力用端面が前記基板側面への垂線となす角度を θ_{OA} とし、

前記入力光導波路又は前記出力光導波路が前記基板側面となす角度を θ_{1A} とし、

前記入力光導波路に入射する光、もしくは前記出力光導波路から出射される光と前記機能光導波路とのなす角度を $\Delta\theta$ とし、

前記 $\Delta\theta$ が $\Delta\theta = (\theta_{OA} - \theta_{1A})n_1 / n_2 - \theta_{OA}$ で与えられる場合に、

前記入力光導波路へ入射する光と前記短手方向側の前記パッケージ筐体側面とのなす角度もしくは前記出力光導波路から出力する光と前記短手方向側の前記パッケージ筐体側面とのなす角度が所望の角度となるように、

前記 θ_{1A} と前記 $(\theta_{0A} - \theta_{1A})$ を零とは異ならしめていることを特徴とする請求項2に記載の導波路型光デバイス。

- [7] 前記入力光導波路又は前記出力光導波路の等価屈折率、もしくは前記基板の屈折率を n_1 とし、

前記入力光導波路又は前記出力光導波路が接する媒質の屈折率、もしくは等価屈折率を n_2 とし、

前記光入力用端面又は前記光出力用端面が前記基板側面への垂線となす角度を θ_{0A} とし、

前記入力光導波路又は前記出力光導波路が前記基板側面となす角度を θ_{1A} とし、

前記入力光導波路に入射する光、もしくは前記出力光導波路から出射する光と前記機能光導波路とのなす角度を $\Delta \theta$ とし、

前記 $\Delta \theta$ が $\Delta \theta = (\theta_{0A} - \theta_{1A})n_1/n_2 - \theta_{0A}$ で与えられる場合に、

前記 $\Delta \theta$ の絶対値が、前記 θ_{1A} の値を零とした場合の前記 $\Delta \theta$ の絶対値より小さくなるように、

前記 θ_{1A} を零とは異ならしめていることを特徴とする請求項3に記載の導波路型光デバイス。

- [8] 前記入力光導波路又は前記出力光導波路の等価屈折率、もしくは前記基板の屈折率を n_1 とし、

前記入力光導波路又は前記出力光導波路が接する媒質の屈折率、もしくは等価屈折率を n_2 とし、

前記光入力用端面又は前記光出力用端面が前記基板側面への垂線となす角度を θ_{0A} とし、

前記光入力用端面又は前記光出力用端面が前記パッケージ筐体側面への垂線となす角度を θ_{0B} とし、

前記入力光導波路又は前記出力光導波路が前記基板側面となす角度を θ_{1A} とし

前記入力光導波路又は前記出力光導波路が前記パッケージ筐体側面となす角度を θ_{1B} とした場合に、

前記 n_1 、前記 n_2 、前記 θ_{0A} 、前記 θ_{1A} が $\theta_{0A} = n_1 \theta_{1A} / (n_1 - n_2)$ の関係を満たす、あるいは前記 n_1 、前記 n_2 、前記 θ_{0B} 、前記 θ_{1B} が $\theta_{0B} = n_1 \theta_{1B} / (n_1 - n_2)$ の関係を満たすことを特徴とする請求項4に記載の導波路型光デバイス。

- [9] 前記光入力用端面へ入力される光または前記光出力用端面から出力される光の少なくとも一方と前記基板の短手方向側の端である基板側面あるいは前記パッケージ筐体の短手方向側のパッケージ筐体側面となす角度の絶対値が、

前記入力光導波路または出力光導波路の少なくとも一方が前記機能光導波路と平行であると仮定した場合において、前記光入力用端面へ入力される光または前記光出力用端面から出力される光が前記基板の短手方向側の端である基板側面あるいは前記パッケージ筐体の短手方向側のパッケージ筐体側面となす角度の絶対値よりも小さくなるように、

前記入力光導波路または前記出力光導波路の少なくとも一方が前記機能光導波路となす角度を零とは異ならしめるとともに、かつそれぞれの側の前記基板端面に対してなす角度を90度とは異ならしめて形成されていることを特徴とする請求項2に記載の導波路型光デバイス。

- [10] 前記光入力用端面へ入力される光または前記光出力用端面から出力される光が前記基板の短手方向側の端である基板側面あるいは前記パッケージ筐体の短手方向側のパッケージ筐体側面と平行な方向に入力あるいは出力されるように、

前記光入力光導波路または前記出力光導波路の少なくとも一方と前記機能光導波路となす角度を零とは異ならしめるとともに、それぞれの側の前記基板端面に対してなす角度を90度とは異ならしめて形成されていることを特徴とする請求項2に記載の導波路型光デバイス。

- [11] 前記光入力用端面へ入力される光または前記光出力用端面から出力される光が前記基板の短手方向側の端である基板側面あるいは前記パッケージ筐体の短手方

向側のパッケージ筐体側面と平行な方向に入力あるいは出力されるように、

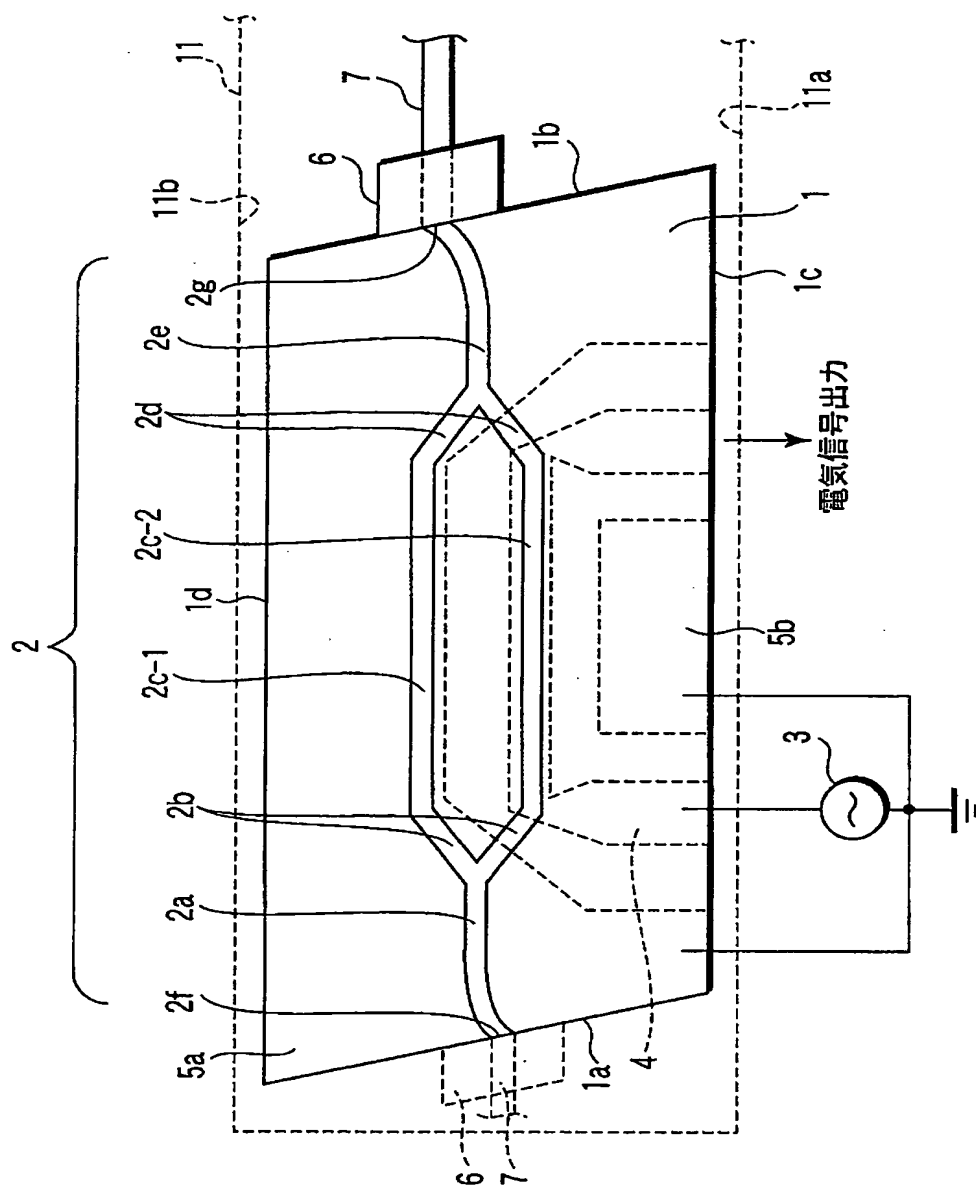
前記光入力光導波路または前記出力光導波路の少なくとも一方と前記機能光導波路とのなす角度を零とは異ならしめるとともに、それぞれの側の前記基板端面に対してなす角度を90度とは異ならしめて形成されていることを特徴とする請求項3に記載の導波路型光デバイス。

- [12] 前記光入力用端面の近傍または前記光出力用端面の近傍に単一モード光ファイバが設けられていることを特徴とする請求項2に記載の導波路型光デバイス。
- [13] 前記光入力用端面の近傍または前記光出力用端面の近傍に単一モード光ファイバが設けられていることを特徴とする請求項3に記載の導波路型光デバイス。
- [14] 前記光入力用端面の近傍または前記光出力用端面の近傍に単一モード光ファイバが設けられていることを特徴とする請求項4に記載の導波路型光デバイス。

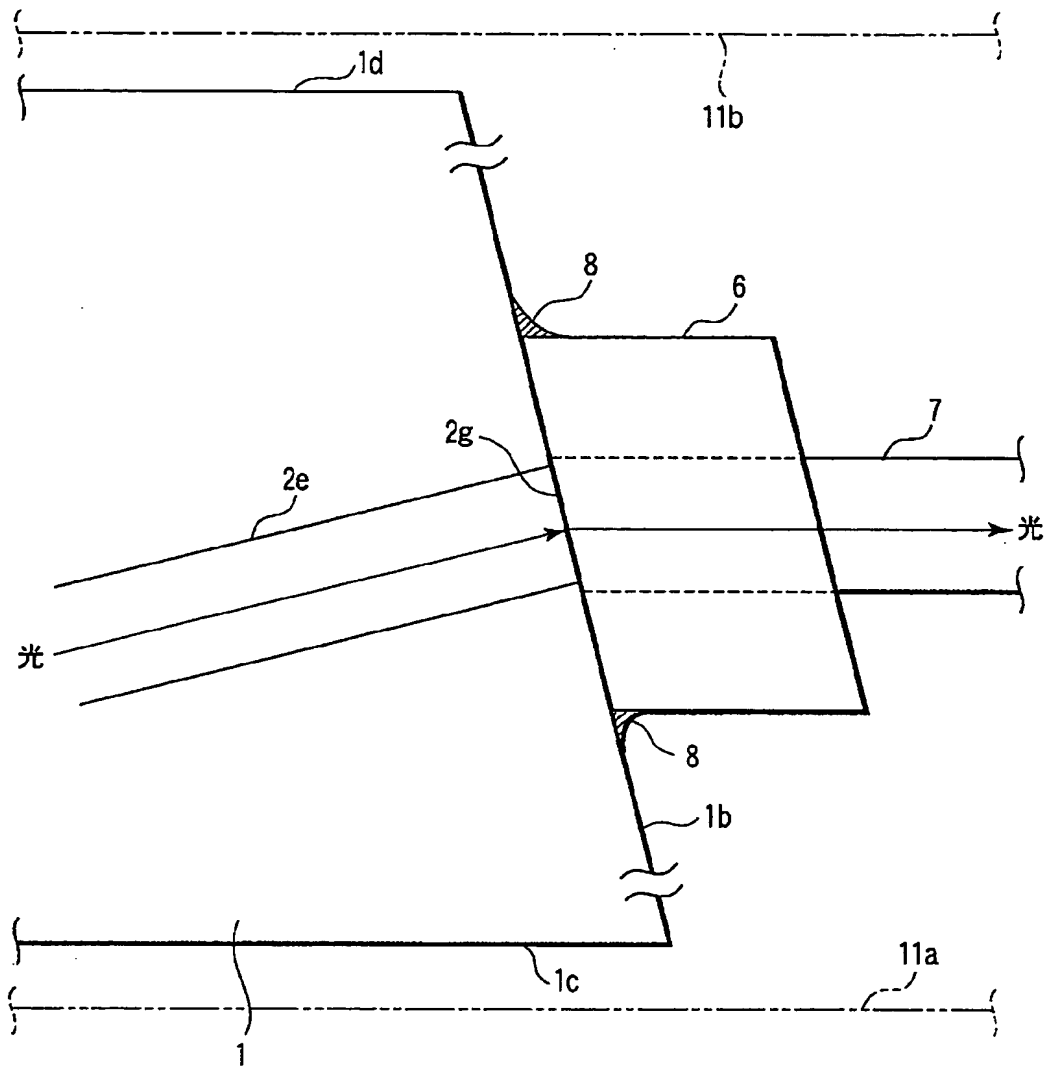
要 約 書

導波路型光デバイスは、基板上に形成される光導波路と、前記光導波路に備えられる機能光導波路と、前記基板の長手方向側の端である基板端面に設けられている、前記光導波路のための光入力用端面及び光出力用端面との少なくとも一方と、前記光入力用端面と前記機能光導波路を結ぶ入力光導波路及び前記光出力用端面と前記機能光導波路を結ぶ出力光導波路の少なくとも一方とを有する。前記入力光導波路及び出力光導波路の少なくとも一方が、前記光入力用端面及び光出力用端面の少なくとも一方側において、前記機能光導波路と零でない角度をなし、かつそれぞれの側の前記基板端面に対してなす角度を90度とは異ならしめて形成されている。

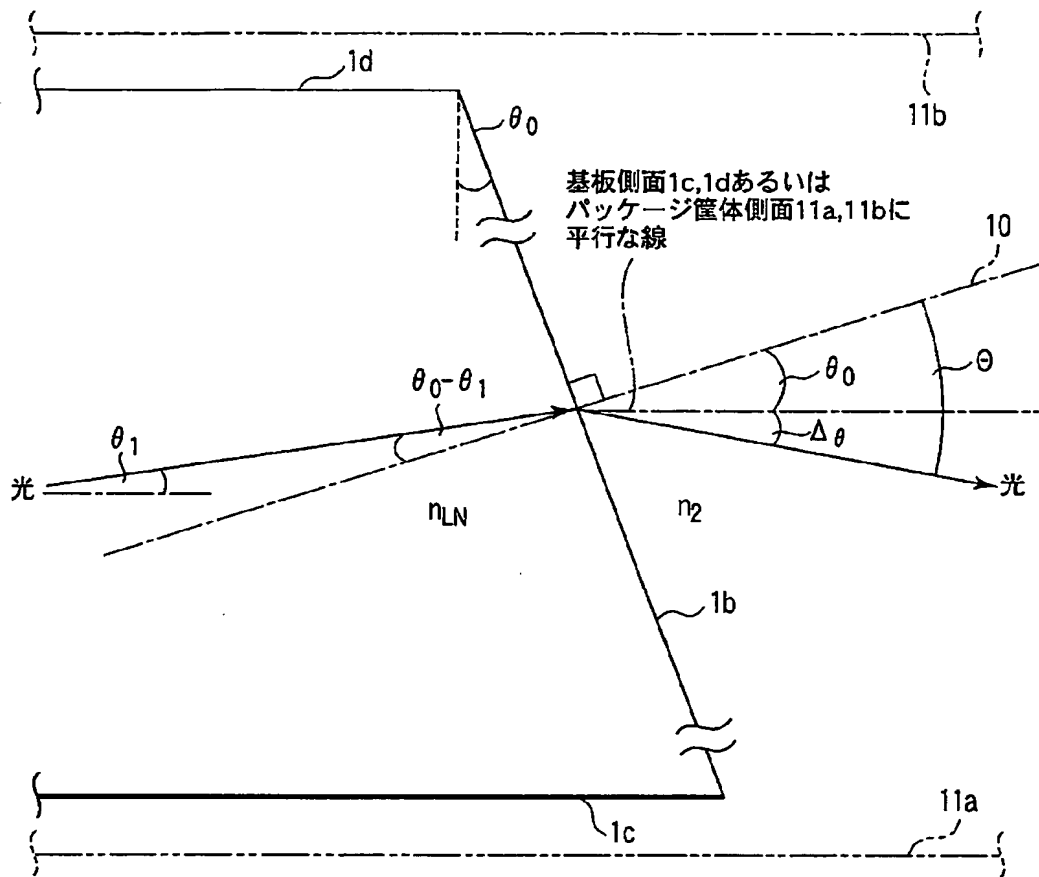
[図1]



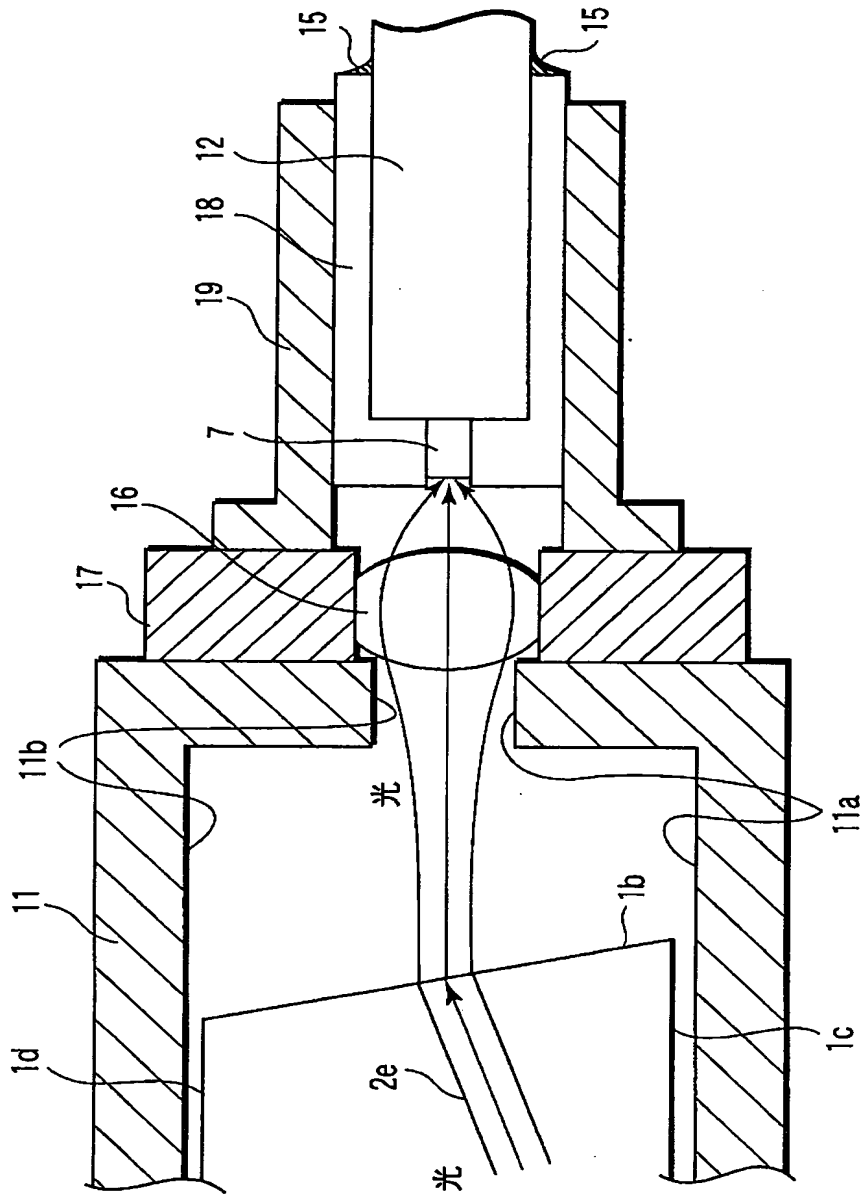
[図2]



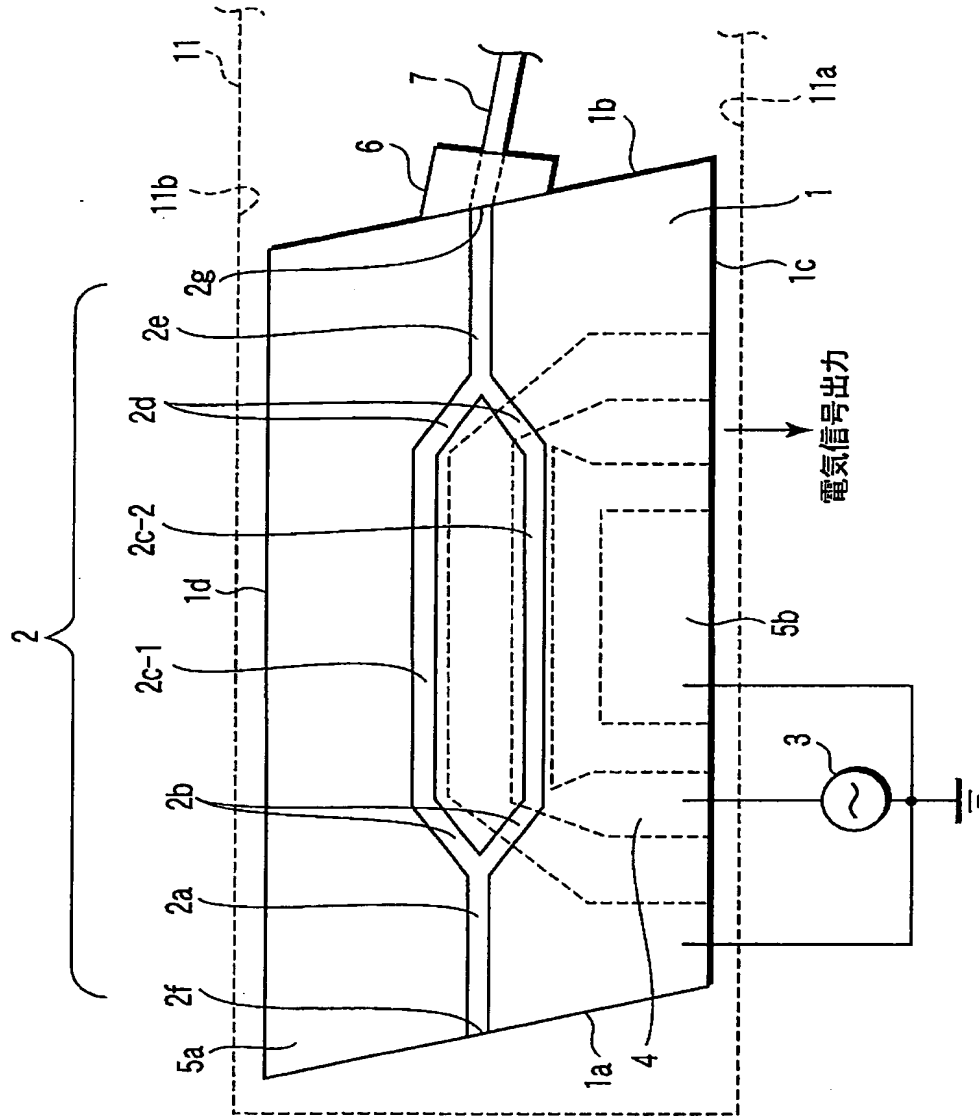
[図3]



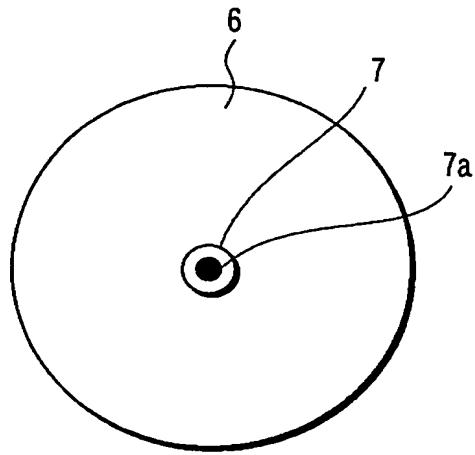
[図5]



[図7]

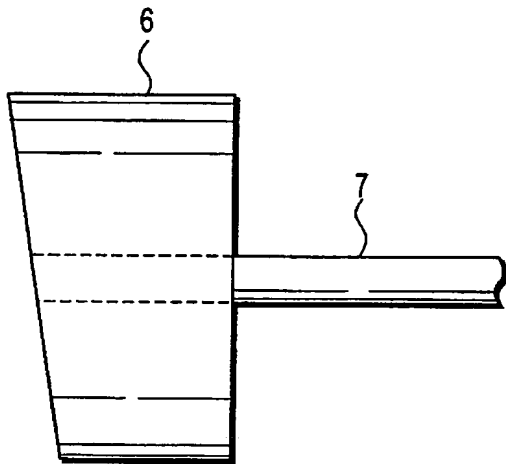


[図8A]



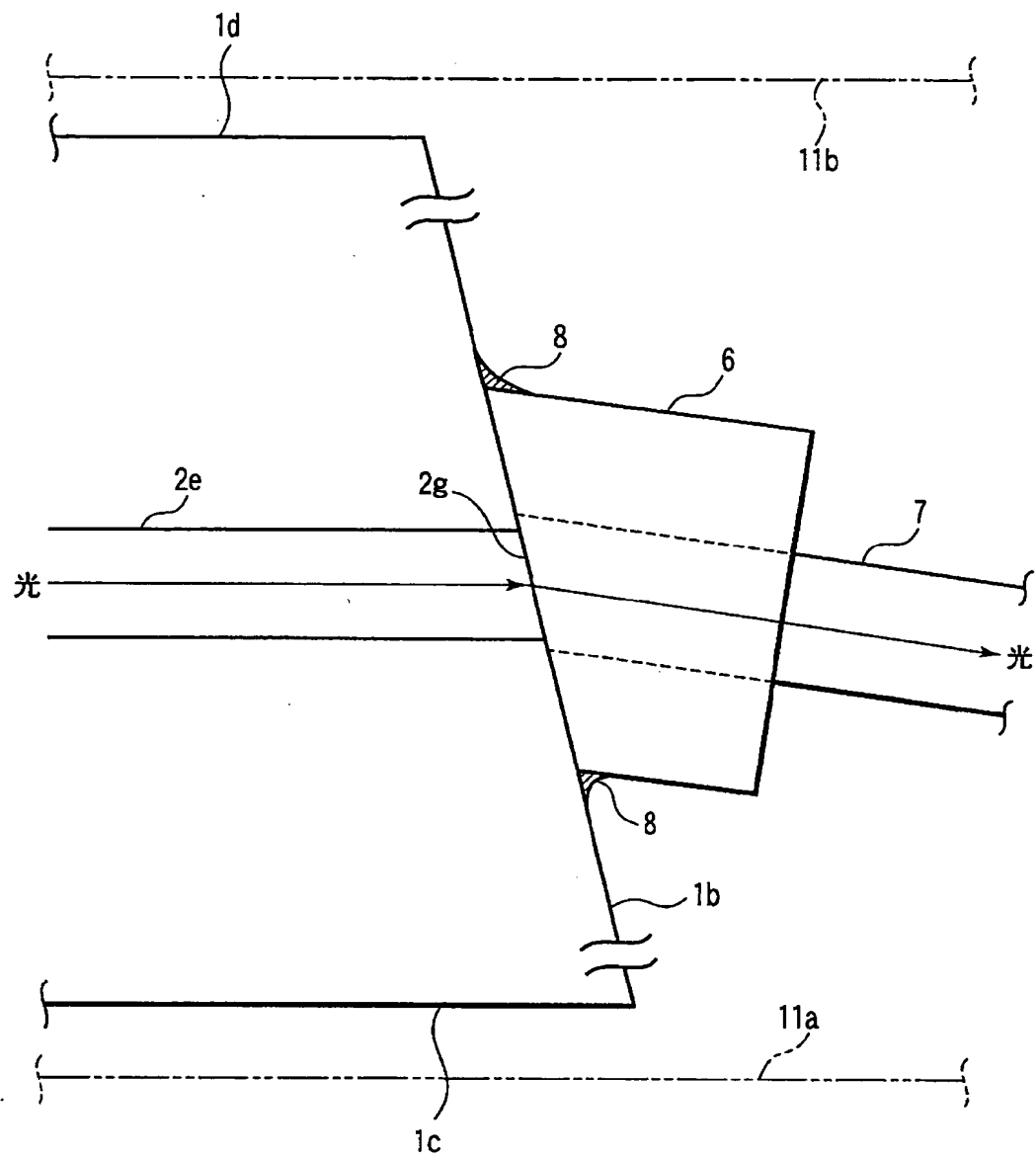
(従来技術)

[図8B]



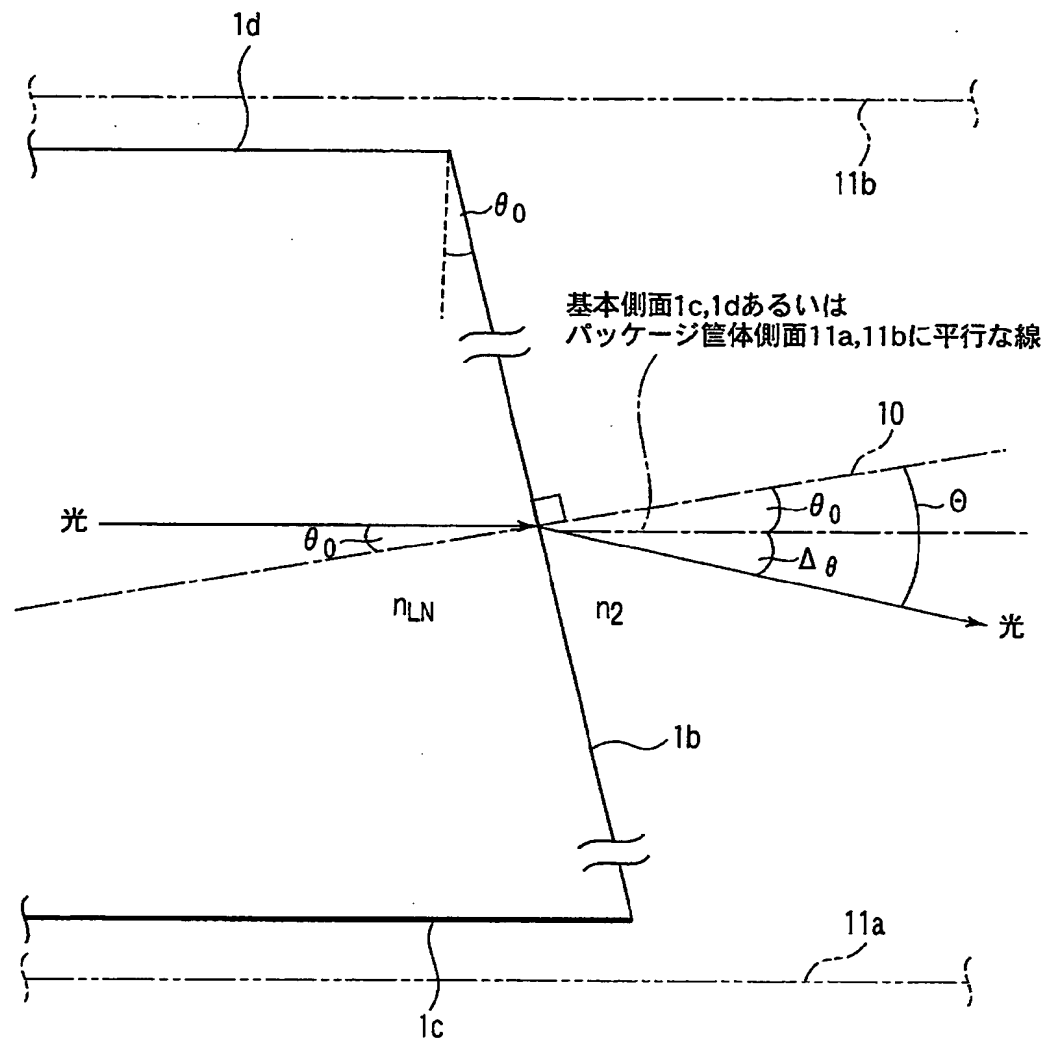
(従来技術)

[図9]



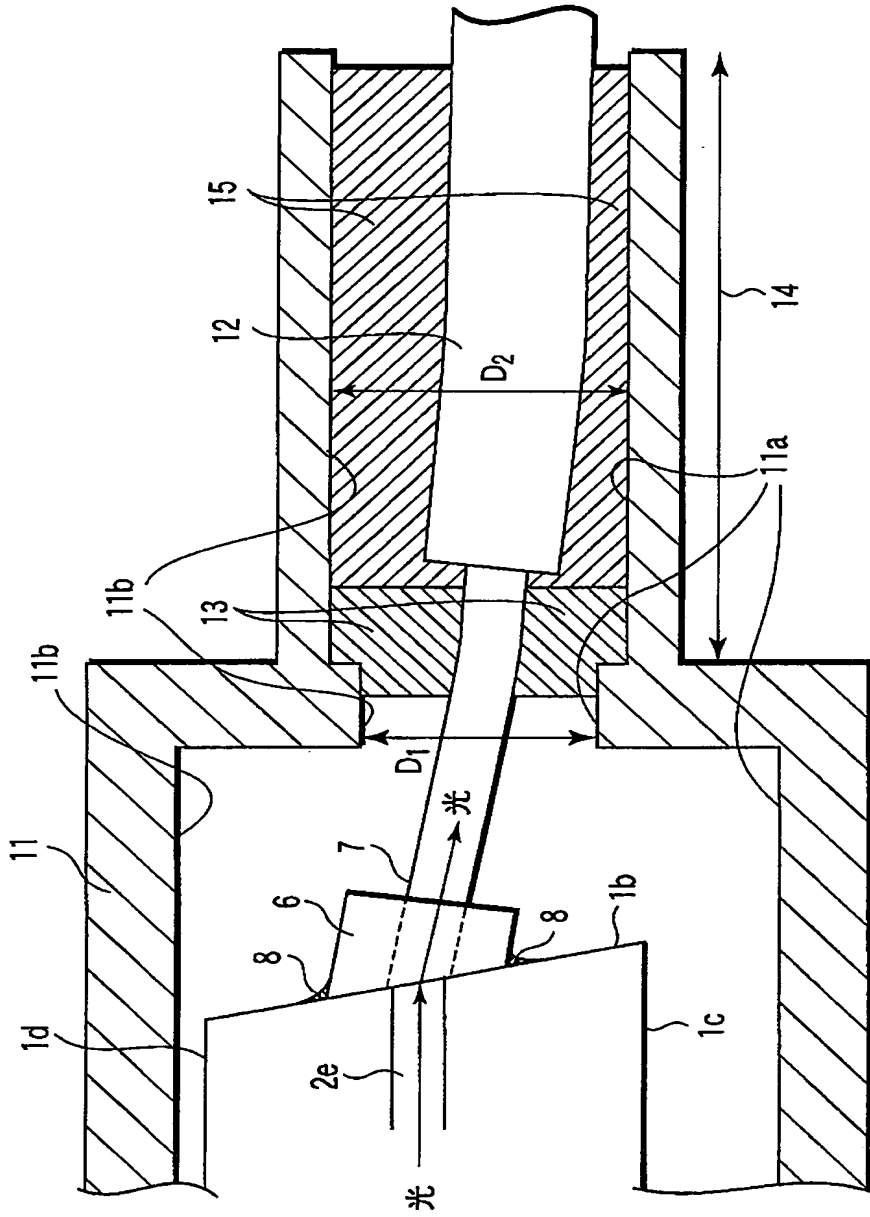
(従来技術)

[図10]



(従来技術)

[図11]



(従来技術)